

## ハイドロホイストの開発に関する研究

著者	坂本 正克
号	555
発行年	1981
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/11504">http://hdl.handle.net/10097/11504</a>

氏	名	さか	もと	まさ	かつ
		坂	本	正	克

授	与	学	位	工	学	博	士
---	---	---	---	---	---	---	---

学	位	授	与	年	月	日	昭	和	56	年	5	月	13	日
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	---	----	---

学	位	授	与	の	根	拠	法	規	学	位	規	則	第	5	条	第	2	項
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

最	終	学	歴	昭	和	28	年	3	月
---	---	---	---	---	---	----	---	---	---

九州大学工学部機械工学科卒業

学	位	論	文	題	目	ハ	イ	ド	ロ	ホ	イ	ス	ト	の	開	発	に	関	す	る	研	究
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

論	文	審	査	委	員	東	北	大	学	教	授	川	島	俊	夫	東	北	大	学	教	授	石	浜	渉
						東	北	大	学	教	授	八	嶋	三	郎	東	北	大	学	教	授	村	井	等

## 論文内容要旨

### 第1章 緒 論

近年特に多用されてきた新しい輸送技術である水力輸送法は、ますます発展しつつある。その水力輸送に使用されてきた従来型の往復動ポンプや遠心型のサンドポンプは、大容量、高揚程の輸送条件を必要とするときは、必ずしも有効な輸送装置とはいいきれぬ点がある。

これらの不備な点を解消するため、固形物はポンプ内を通さず管路に直接供給し、別個の高圧清水ポンプで圧送する輸送法、すなわち hidrohoist が考案され使用されるようになった。この hidrohoist は、固形物がポンプ内を通過しないので、摩耗が少なく、かつ固形物の粉化も少ない利点を有し、さらに粗粒子の輸送も可能である。このほか、ポンプとして高圧清水用の多段ポンプが使用できるため、従来型固液混相流用ポンプに比し、圧力および流量の適用範囲が大幅に拡大される利点を有する。

しかし、一方 hidrohoist においては、その原理上、清水と混相液が相接するため、この間に混合を生じ、かつこの混合の度合いが大きくなると、予期した高濃度が得られない不利な面が生じてくる。従来この面からの研究が不十分なため、 hidrohoist の機能を完全に発揮することができなかった。

本研究は上記混合の問題を基礎的課題とし、清水と混相液との混合に関する諸特性を明らかにし、さらにその基礎にたって各種 hidrohoist の開発のための研究を行うことを目的とした

ものである。

## 第2章 ハイドロホイストの構成に関する考察

従来行われてきた各種ハイドロホイストの基本的性質を明らかにするために、各ハイドロホイストに共通して生ずる固形物と水との交換、すなわち固液交換について考察し、つぎの諸点が結論として得られた。

- (1) 固液交換時には、固体と清水は同一体積だけ入れ換る。
- (2) 重力沈降式ハイドロホイストは、原炭などの幅広い粒度分布を有する固形物を輸送する場合には、粒径の著しい差に基づく沈降速度の差によって、微粒子が置換水とともに供給室外に逃れ去る。また固液交換を重力で行うため、弁の大きさが大きく摩耗も大となる。
- (3) 各々の固液交換に際し、重力に頼る必要がない主管圧送式ハイドロホイストは、重力沈降式ハイドロホイストの問題点を解決している。

## 第3章 混相液と駆動液との混合に関する研究

主管圧送式ハイドロホイストの供給室における、清水と混相液との混合の問題を明らかにするために本研究を行った。その結果つぎの諸点が結論として得られた。

水平管における粗粒子群後尾の速度について主として管径 100 mm の管で種々の実験を行い、つぎの結果を得た。

- (1) 平均流速  $v$  と固形物後尾速度  $v_t$  との間の相対速度  $w$  は、粒径  $d$  ごとに一定の値を示し、砂の場合ではつぎの実験式が成り立つ。

$$w = B \frac{\sqrt{\frac{d_m}{d_1}}}{1 + b \frac{d_m}{d_1}}$$

$B$  および  $b$  は実験で求められた係数であり、 $B = 55.56 \text{ m/s}$ 、 $b = 4830$  である。

$w$  が最大値となる粒径  $d_{\max}$  は約 2 mm で、その時の  $w$  の値は約 2.16 m/s である。

- (2) ガラス球の場合の相対速度  $w$  は砂の場合とはほぼ等しいが、アルミ円柱の場合は球に比較して著しく大きい。
- (3) 2 種の粒径の固形物を混合したものの相対速度は、各々粒径の相対速度のうち、大なる方の相対速度に一致する。
- (4) 実験の範囲内では、充てんの長さおよび濃度によって、相対速度  $w$  は影響を受けない。  
上記実験結果を説明する考察結果はつぎのとおりである。
- (1) 粒群は単体としてでもなく、全体としてひとつの棒状の剛体でもなく、その中間の性質をもって流れる。それをモデルで示せば、管の断面積に体積濃度を掛けた断面積をもち、つぎの式で示す長さをもった柱状物として流れるものと考えることができる。

$$\ell_{de} = \frac{C_D W^2}{2g \left( \frac{r_s}{r_w} - 1 \right) \mu}$$

砂の場合  $\ell_{de}$  は 0.2 m ないし 0.35 m であり、今回の実験で、砂の充てん長さを 1 m ないし 2 m に変化させても、相対速度  $w$  に変化がなかった理由を裏づけているものと考えられる。アルミ円柱の場合、 $\ell_{de}$  は砂などの約 2 倍であり、より剛体に近いことを示している。

(2) 管内部分流速  $u$  と後尾の流速  $v_t$  との関係を検討した結果、実用速度の範囲では 2 mm 以上の粒子は管底をしゅう動しているが、2 mm 以下の粒子は跳躍しながら移動していることがわかった。これにより、相対速度  $w$  が粒径 2 mm 付近で最大値を示す理由を説明することができる。

(3) 固形物粒子の跳躍の原因は、部分流速の上向き成分  $\Delta u$  によるものと推定できる。

(4) 管径の異なる場合の相対速度  $w$  の値は次式で求めることができる。

$$w = \frac{1}{\frac{1}{w_A} + \frac{1}{w_B}}$$

ただし、
$$w_A = \frac{B}{b} \sqrt{\frac{\frac{D}{D_1}}{\frac{d_m}{d_1}}}, \quad w_B = B \sqrt{\frac{d_m}{d_1}}$$

つぎに、垂直管で、供給管内部の境界面にセパレータを入れた場合、つぎの結果を得た。

(1) セパレータ外径と供給管内径との差  $\Delta D$  が大なるほど速く混合する。

(2) セパレータ比重が低いほど速く混合する。

(3) 1 ストロークごとの混入の割合は、供給管内径  $D$ 、間げきを  $\Delta D$  とすると、理論上  $\frac{\Delta D}{D}$  であり、実験の結果は、ほぼこれに等しい。

また、水平供給管にカプセルが充満しているときのカプセル後尾の速度は、起動時に流量が定常値になる時間  $t'$  に起因する起動時の遅れに関係して説明できる。

## 第 4 章 粗粒子輸送用ハイドロホイストの研究

第 3 章の研究のうち、水平管の研究に基づいて、水平な供給管を有する主管圧送式ハイドロホイストの応用的研究を行った。その結果つぎの諸点が結論として得られた。

(1) サンドポンプの吐出濃度  $C_0$  と輸送濃度  $C$  との比は次式であらわすことができる。

$$\frac{C}{C_0} = 1 - \frac{w_{max}}{v}$$

(2) 固形物 1 トン当りの動力消費量はつぎの式であらわすことができる。

$$\frac{L}{T} = \frac{27.2 Q_p}{\eta_p \cdot C \cdot r_s}$$

(3) 水流投入方式の供給装置について、つぎの関係が成り立つ。

i) 濃度は可動管開度に応じて直線的に増加する。

ii) サクシヨンバルブを絞って、清水の流量を減らすと濃度は上昇する。

(4) 3種類の弁の試験を行った結果、プレート弁がもっとも耐久性があることがわかった。

(5) 垂直 515 m, 総延長 2016 m の管路を水力輸送するハイドロホイストを開発し、体積濃度 25% で輸送でき、かつ戻り水に粒子の混入がないことがわかった。

## 第 5 章 微粒子輸送用ハイドロホイストの研究

第 3 章の研究のうち、垂直管の研究結果に基づいて、垂直管で、かつ内部の混相液と駆動液との境界面にセパレータが浮遊する、主管圧送式ハイドロホイストの研究を行った。その結果はつぎのとおりである。

(1) セパレータと壁との間の間げきを経て、混相液側より駆動液側に逃れる微粒子の混入率  $\alpha_{\infty}$  はつぎの式で計算できる。

$$\alpha_{\infty} = \frac{Q}{Q'} \cdot \frac{\Delta D}{D}$$

{  $Q$  は流量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ ) ,  $Q'$  は入れ替わる駆動液の流量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ ) ,  $D$  は管内径 ( $\text{m}$ ) ,  $\Delta D$  は供給室とセパレータの間げき ( $\text{m}$ ) である。 }

(2) 円錐型接触面をもつ混相液用弁は円滑に作動する。

(3) セパレータを混相液と駆動液との中間に位置するようにそう入することにより、供給管内における混合を防止できる。

(4) 適切な制御を採用することにより、流れの中断などによる圧力の変動などの影響を防ぐことができる。

(5) 実機は予期どおりの長寿命である。

## 第 6 章 水力式カプセル輸送用ハイドロホイストの研究

水平な供給管を有する主管圧送式ハイドロホイストを、水力式カプセル輸送に適用させるための研究を行い、つぎの諸結果を得た。

(1) カプセル輸送においては、相当濃度を高めることが、エネルギー経済上最も重要であり、相当濃度をあげるためには、そう入率  $k$  を高めることが最も重要である。

(2) そう入率  $k$  を高めるために、カプセルを横むきに積み重ね、水ジェットで送りだす方式のそう入装置を製作し、そう入実験を行った。そう入率は約 0.4 であった。

(3) エネルギー消費量を計算によって求めた。そう入率約 0.4 以下、管径 300 mm 以下、耐圧約 40  $\text{kg}/\text{cm}^2$  以上では、輸送量トン当りのエネルギーが急激に増加する。

(4) 管路抵抗を計算によって求めた。管径約 300 mm 以下では管路抵抗は急激に増大する。摩擦係数、カプセルそう入率、カプセル耐圧 (肉厚) に比例して管路抵抗は増大する。

## 第7章 主管圧送式各種ハイドロホイストの比較検討と将来機種 of 構想

本章の目的は、第4章、第5章、ならびに第6章において研究した3種類の主管圧送式ハイドロホイストの比較検討を行い、これによって明らかになった問題点を改善する方法を明らかにすることである。

3種類のハイドロホイストの比較結果はつぎのとおりである。

- (1) 最大輸送可能濃度は、粗粒子輸送用ハイドロホイストで28%ないし32%、微粒子輸送用ハイドロホイストで35%ないし45%、水力式カプセル輸送用ハイドロホイストで10%ないし20%である。
- (2) 汚染防止必要水量は、粗粒子輸送用ハイドロホイストで10%ないし30%、微粒子輸送用ハイドロホイストで20%ないし80%であり、水力式カプセル輸送用ハイドロホイストで0である。

経済性を高めるためには(1)の最大輸送可能濃度を高める必要がある。粗粒子輸送用ハイドロホイストでは、この最大輸送可能濃度が微粒子輸送用ハイドロホイストに比較して低い。一方、微粒子混相流の濃度を高くすると、粘度が高くなり、輸送が困難となる。これらを改善するには以下の方法が考えられる。

- (1) 粗粒子とともに、約 $50\mu$ 以下の微粒子を混入させることにより、全体積濃度約50%とし、かつ動力消費量を約 $\frac{1}{2}$ に半減することができる。
- (2) 水平型の供給室を有する粗粒子輸送用ハイドロホイストと、垂直型の供給室を有する微粒子輸送用ハイドロホイストを、構造的に組み合わせたコンバインド型ハイドロホイストにより、微粒子輸送用なみの最大輸送可能濃度が得られる。
- (3) 微粒子輸送用ハイドロホイストは、最大輸送可能濃度は高いが、粘性が著しく高いと輸送が困難となる。この場合には、カプセル状に成型して輸送する。
- (4) 微粒子輸送用ハイドロホイストの場合、汚染防止水量が比較的高い。これを改善するために、水平供給室のなかにセパレータを入れ、清水側より、混相液側へ3%の清水を送りこむ。

## 第8章 結 論

以上、各章で述べたように、まず従来発表された各種ハイドロホイストの構成を、混合という基礎的問題を中心に考察し、従来の問題点の根拠を示し、主管圧送式ハイドロホイストがもっともすぐれていることを示した。

つぎに主管圧送式ハイドロホイストにおける、混合を中心とした問題点の基礎的研究を行い、基本的諸関係をはじめて明らかにした。

つぎに、粗粒子輸送用、微粒子輸送用ならびに水力式カプセル輸送用という3種類の主管圧送式ハイドロホイストのおおのにつき、上記基礎的研究をもとに開発のための研究を行い、その結果を示した。これらの研究によって、上記各種ハイドロホイストの開発が可能となった。

つぎに、上記3種類の主管圧送式ハイドロホイストの長短を検討し、その改善のための実験ならびに検討結果を述べ、それをもとに将来機種の構想を示した。

これらの研究、すなわち従来の応用研究の理論的根拠、主管圧送式ハイドロホイストの混合を中心とした研究によって、ハイドロホイストの開発が可能になったばかりでなく、これらハイドロホイストの今後の発展の方向を示すことができた。

## 審 査 結 果 の 要 旨

多量の固形物を高圧下でパイプ流送する場合、往復式や遠心式のポンプによる従来型の方法には、性能や摩耗などについて不備な面が多く、新しい輸送装置の開発が望まれていた。

ハイドロホイストは、固形物をポンプ内を通さず、サンドポンプなどにより直接パイプ内に供給し、別の高圧清水ポンプで圧送する新しい流送法であり、従来、これらについての開発が試みられてきたが、十分な成果を得ているとはいえない現状である。

本論文は、ハイドロホイストについての基礎的研究とともに、全く新しい主管圧送式なる流送方式を開発した経緯と、この結果をふまえて行った粗粒子、微粒子およびカプセルの高圧下におけるパイプ流送に関する研究成果をまとめたもので、全編8章よりなる。

第1章は、緒論である。

第2章は、従来、提唱された各種ハイドロホイストにおける清水と固形物との固液交換について考察し、重力沈降式供給装置の有する不備な点を指摘して主管圧送式が固形物のパイプ流送にとって最適であることを述べている。

第3章では、主管圧送式ハイドロホイストにおいて、高濃度の流送を行う際の清水と固形物とのコンタミネーションに関し、基礎的な研究を行っている。すなわち、粗粒子の場合の粒子の清水に対する相対速度と粒子径との関係、微粒子の場合の管内へのセパレータのそう入によるコンタミネーションの影響などを明らかにしている。さらに、カプセルの場合の速度と起動時の流量との関係について詳細な検討を行い、基礎的問題点を解決している。これは有用な知見である。

第4章では、粗粒子輸送用のハイドロホイストに関し、サンドポンプの吐出濃度とパイプ内の輸送濃度との関係および各部機器の改良開発を行い、次いで垂直約500 m、総延長約2000 mの流送を可能ならしめた結果を述べている。この成果は高く評価される。

第5章では、垂直管路における混相液と駆動液との境界面にセパレータが浮遊する微粒子用主管圧送式ハイドロホイストについて、セパレータと管壁との間げきの大きさの機能に及ぼす影響および最適制御による圧力の変動の抑制などの効果を明らかにしている。

第6章では、水平な供給管を有する主管圧送式ハイドロホイストに水力カプセル輸送を適用するための研究を行っている。輸送効率の上昇のための各種パラメータ、特にそう入率の影響を検討し、さらに、管路抵抗についても詳細な解析を行っている。

第7章では、上記3種のハイドロホイストを総括し、最大輸送可能濃度を高める方策や粗粒子と微粒子輸送用ハイドロホイストを組合せたコンバイン型およびカプセル状成形体による流送法の提唱など、将来機種 of 構想を述べている。これらは、新しい展望を拓いたものといえる。

第8章は、結論である。

以上要するに、本論文は主管圧送式ハイドロホイストを新たに開発することにより、高圧下での粗粒子、微粒子およびカプセルなどの大量流送を可能にしたもので資源工学に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。